

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



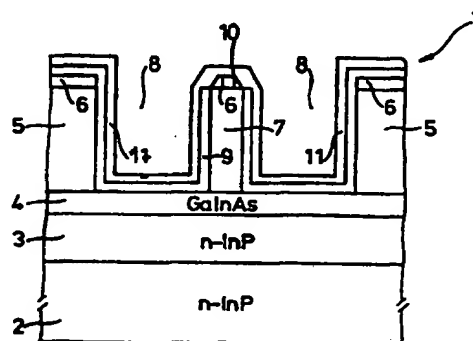
<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>H01S 3/19</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/49544</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 30. September 1999 (30.09.99)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE99/00892 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 25. März 1999 (25.03.99)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 198 13 180.1      25. März 1998 (25.03.98)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> LELL, Alfred [DE/DE]; Virchowstrasse 19, D-93142 Maxhütte-Haidhof (DE). KUGLER, Siegmund [DE/DE]; Coulmiersstrasse 1, D-93055 Regensburg (DE). STATH, Norbert [DE/DE]; Rosinusweg 11, D-93049 Regensburg (DE). OBERSCHMID, Reimund [DE/DE]; Minoritenweg 7 B, D-93161 Sinzing (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

**(54) Title:** METHOD FOR PRODUCING A RIDGE WAVEGUIDE IN LAYER STRUCTURES OF A III-V COMPOUND SEMICONDUCTOR AND SEMICONDUCTOR LASER DEVICE, ESPECIALLY FOR LOW SERIES RESISTANCES

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES STEGWELLENLEITERS IN III-V-VERBINDUNGSHALBLEITER-SCHICHTSTRUKTUREN UND HALBLEITERLASERVORRICHTUNG BESONDERS FÜR NIEDERE SERIENWIDERSTÄNDE

**(57) Abstract**

The invention relates to a method for producing a ridge waveguide in layer structures of III-V compound semiconductors, consisting of the following steps: a base structure formed on a semiconductor substrate (2) is created which comprises a first coating layer (3), an active zone (4) deposited on said first coating layer (3), a second coating layer (5) deposited on the active zone (4) and a contact layer (6) deposited on the second coating layer (5); a trench mask (13) is deposited and structured across the entire surface so as to define a trench area (14) which has approximately 20 times the width of a ridge (7) which is then created in the centre of the trench area (14) from the second coating layer (5) and the contact layer (6); additional doping atoms are introduced into the contact layer (6) and/or the doping atoms introduced in this way or doping atoms already present are activated; a substantially strip-shaped ridge mask (15) is created within the trench area (14); and the second coating layer (5) and the contact layer (6) are selectively etched using the trench mask (13) and ridge mask (15) as resist masks for forming the ridge (7) of the ridge wave guide inside the trench area (14).



### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, mit den Schritten: Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4), einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5) und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktschicht (6); ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske (13) zur Festlegung eines Grabenbereichs (14), der etwa die zwanzigfache Breite eines nachfolgend in der Mitte des Grabenbereichs (14) aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktschicht (6) zu erzeugenden Steges (7) besitzt; Einbringen zusätzlicher Dotieratome in die Kontaktschicht (6) und/oder Aktivieren der zusätzlich eingebrachten oder der bereits vorhandenen Dotieratome; Ausbilden einer im wesentlichen streifenförmigen Stegmaske (15) innerhalb des Grabenbereichs (14); selektives Ätzen der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktschicht (6) unter Verwendung der Grabenmaske (13) und der Stegmaske (15) als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwellenleiters innerhalb des Grabenbereichs (14).

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## 5 Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Verfahren zur Herstellung eines  
Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schicht-  
strukturen und Halbleiterlaservorrichtung besonders für niede-  
10 re Serienwiderstände

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung  
eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-  
Schichtstrukturen und eine Halbleiterlaservorrichtung, insbe-  
15 sondere eine sogenannte Ridge-waveguide-Laservorrichtung auf  
der Basis von III-V-Halbleitermaterialien.

Halbleiterlaserdioden finden mittlerweile einen breiten An-  
wendungsbereich insbesondere auch in informationsverarbeiten-  
den Systemen. Aufgrund ihrer kompakten Größe und zum Teil auch  
20 wegen der zu den verwendeten Schaltkreisen und weiteren opto-  
elektronischen Elementen kompatiblen Technologie werden Halb-  
leiterlaserdioden insbesondere in der optoelektronischen Nach-  
richtentechnik. Im Hinblick auf den Aufbau und die Anordnung  
25 solcher Laserdioden werden derzeit unterschiedliche Typen von  
Laserstrukturen verwendet. Eine besonders einfach herzustel-  
lende und zuverlässig arbeitende Laservorrichtung umfasst ei-  
nen in einer III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstruktur aus-  
gebildeten Stegwellenleiter; solche Laseranordnungen, die auch  
30 der erfindungsgemäßen Gattung zugrunde liegen, sind beispiels-  
weise aus der EP 0 450 255 A1 und aus C. Harder, P. Buchmann,  
H. Meier, High-Power Ridge-Waveguide AlGaAs Grin-Sch Laser Di-  
ode, Electronics Letters, 25. September 1986, Vol. 22, No. 20,  
Seiten 1081 bis 1082 bekannt geworden. Bei der Herstellung  
35 derartiger selbstjustierender Wellenleiter-Laserstrukturen  
wird normalerweise eine einzige photolithographische Maske zur  
Festlegung der vollständigen Kontaktbereich- bzw. Wellenlei-  
tersteggeometrie über den gesamten Herstellprozess zur Ferti-  
gung des Steges verwendet. Bei der Übertragung der zunächst  
40 bei der Fertigung von Laservorrichtungen auf der Grundlage des  
GaAs-Systems entwickelten Fertigungsprozesse auf die Herstel-  
lung von InP-Lasersystemen mit größeren Wellenlängen des emit-

5 tierten Lichtes ergeben sich jedoch gewisse technologische Probleme. Als besonders kritisch wird hierbei insbesondere der bei der Fertigung des Stegwellenleiters erforderliche Ätzschritt angesehen, bei dem aufgrund der stets einhergehenden unerwünschten Unterätzung an der Grenzfläche des Photolack-  
10 GaInAs- oder GaInAsP-Kontaktes die wirksame ohmsche Kontaktfläche signifikant verringert wird, was zu einem Anstieg des elektrischen Kontaktwiderstandes und damit zu einer vermehrten Erwärmung führt. Als Folge hiervon verschlechtern sich allgemein die Lasereigenschaften. Zur Vermeidung dieser technologisch bedingten Schwierigkeiten wird nach der EP 0 450 255 A1  
15 vorgeschlagen, eine Hilfsmaske anzuordnen, um die mit der Unterätzung einhergehenden Nachteile zu vermeiden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem in der EP 0 450 255 A1 aufgezeigten Fertigungsprozess technologisch insgesamt einfacheres Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen zur Verfügung zu stellen.

25 Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Eine insbesondere nach diesem Verfahren herstellbare Halbleiterlaservorrichtung ist in Anspruch 17 angegeben.

Die gemäß § 3 Abs.2 PatG Stand der Technik bildende deutsche Patentanmeldung Nr. 196 40 420.7 bezieht sich auf einen Ridge-Waveguide-Laser auf der Basis von InGaAsP/InP mit einer Dreibein-Struktur, bei der der im Wesentlichen streifenförmige Stegwellenleiter mittels eines nass-chemischen Ätzprozessschrittes innerhalb eines Grabenbereiches aus der InP-  
30 Mantelschicht und quaternärer Kontaktschicht ausgebildet wird. Der elektrische Anschluß des Steges erfolgt über eine Metallisierungsschicht, die ganzflächig auf einer Passivierungsschicht abgeschieden wird, wobei die Passivierungsschicht aus elektrisch isolierendem Material die Dreibein-Struktur mit  
35 Ausnahme der Oberseite des Steges überdeckt.  
40

Dieses Verfahren verzichtet ganz auf Trockenätzschritte, z.B.

5 mittels Ionenätzverfahren, und kann mit weniger naßchemischen  
Ätzschritten als die bis dahin bekannten Verfahren durchge-  
führt werden. Erkauft wurde dies mit höheren Anforderungen an  
die Epitaxiestrukturen, besonders Feinheiten der Schichtüber-  
gangsformen, mit einer Unsicherheit der Stegbreite und mit ei-  
10 nem höheren Serienwiderstand  $R_s$  der Halbleiterlaserstrukturen  
gegenüber den bisher bekannten Verfahren. Die Unsicherheit der  
Stegbreite hat sich als praktisch tragbar erwiesen (es gibt  
hier eine Unsicherheit der Fototechnikmaske in der Größenord-  
nung von fast  $\pm 0,6 \mu\text{m}$ ; die zusätzliche Ätzunsicherheit bei  
15 nur naßchemischen Ätzverfahren von etwa  $\pm 0,4 \mu\text{m}$  scheint bis-  
her verhältnismäßig tragbar). Kritischer hat sich aber der  
eindeutig höhere Serienwiderstand herausgestellt. Bei einer  
gegebenen beispielhaften  $1,3 \mu\text{m}$ -Wellenlänge-InGaAsP-  
Halbleiterlaserstruktur mit  $3 \mu\text{m}$  Stegbreite und  $300 \mu\text{m}$  Resona-  
20 torlänge ist der Serienwiderstand normalerweise etwa  $3 \text{ Ohm} \pm$   
 $0,5 \text{ Ohm}$ . Die Anwendung des Verfahrens gemäß der deutschen Pa-  
tentanmeldung Nr. 196 40 420.7 zeigte jedoch eine weit über  
das übliche hinausgehende Instabilität der Serienwiderstände.  
Es wurden Serienwiderstandswerte mit einer sehr breiten Ver-  
25 teilung zwischen etwa  $3,5 \text{ Ohm}$  und bis zu  $20 \text{ Ohm}$  gemessen, die  
damit deutlich über der Toleranzgrenze lagen. Die damit ver-  
bundenen Ausbeuteverluste hätten sich - zusätzlich verbunden  
mit dem Zwang, sehr sorgfältig den Serienwiderstand noch im  
Chipzustand zu messen, - auf die Dauer als nicht akzeptabel  
30 erwiesen.

Als Ursache des hohen Serienwiderstandes stellte sich ein re-  
lativ hoher Kontaktwiderstand zwischen dem Anodenmetallkontakt  
und dem Halbleiter heraus. Um den Kontaktwiderstand zu verrin-  
35 gern, werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren entweder zu-  
sätzliche Dotieratome in die Kontaktschicht durch Diffusion  
oder Implantation eingebracht und/oder es werden die bereits  
vorhandenen Dotieratome durch eine Temperung oder einen Lase-  
blitz aktiviert.

40

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich somit durch fol-  
gende Fertigungsschritte in der angegebenen Reihenfolge aus:

5

Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat, insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen, ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht, einer auf der ersten Mantelschicht abgeschiedenen aktiven Zone bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone abgeschiedenen zweiten Mantelschicht und einer auf der zweiten Mantelschicht abgeschiedenen Kontaktschicht; ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske zur Festlegung eines Grabenbereichs, der eine vielfache Breite eines nachfolgend innerhalb des Grabenbereichs aus der zweiten Mantelschicht und der Kontaktschicht zu erzeugenden Steges besitzt; Einbringen zusätzlicher Dotieratome in die Kontaktschicht und/oder Aktivieren der bereits vorhandenen Dotieratome der Kontaktschicht; Ausbilden einer im Wesentlichen streifenförmigen Stegmaske innerhalb des Grabenbereichs; selektives Ätzen der Kontaktschicht und der zweiten Mantelschicht unter Verwendung der Grabenmaske und der Stegmaske als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges des Stegwellenleiters bei gleichzeitiger Ausbildung eines Grabens innerhalb des Grabenbereiches; im Wesentlichen kantenkonformes Abscheiden einer Passivierungsschicht aus elektrisch isolierendem Material; Abheben des auf der Stegmaske abgeschiedenen Materials der Passivierungsschicht durch Entfernen des unterliegenden Maskenmaterials der Stegmaske; und Abscheiden einer Metallisierungsschicht für den elektrischen Anschluss des Steges.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Dotieren der Kontaktschicht durch Eindiffundieren der Dotieratome.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Ätzen der Kontaktschicht und der zweiten Mantelschicht in zwei voneinander getrennten Ätzschritten mit unterschiedlichen Ätzlösungen, wobei die Ätzung der jeweiligen Schicht selektiv gegenüber dem jeweils unterliegenden Material durchgeführt wird. Beim nass-chemischen Ät-

5 zen der Kontaktschicht wird das von der Stegmaske abgedeckte  
Material unterätzt. Des Weiteren wird zur nass-chemischen Ät-  
zung der Kontaktschicht eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-  
Wasser-Ätzlösung und zur nass-chemischen Ätzung der zweiten  
10 Mantelschicht eine Phosphorsäure-Salzsäure-Ätzlösung verwen-  
det. Bei der Ätzung der zweiten Mantelschicht erfolgt keine  
Unterätzung gegenüber der als Ätzmaske wirkenden, strukturier-  
ten Kontaktschicht. Sämtliche nass-chemische Ätzevorgänge kom-  
men in vertikaler Richtung an der der zu ätzenden Schicht un-  
mittelbar folgenden Grenzschrift aufgrund der materialspezifischen  
15 Selektivität der Ätzlösungen zu stehen. Die Flankenwin-  
kel der Kontaktschicht werden eindeutig durch die kristallogra-  
phisch bedingten Eigenschaften der Kontaktschichtmaterials  
vorgegeben bzw. bestimmt. Durch die Stegmaske wird in einem  
selbstjustierenden Prozess die Stegposition innerhalb des Gra-  
bens festgelegt, bezüglich der Breite des Steges aber ledig-  
20 lich der maximale Wert vorbestimmt.

In einem ersten nass-chemischen Ätzschrift an der Kontakt-  
schicht wird über das Ausmaß der lateralen Unterätzung der  
25 Stegmaske die Breite des entstehenden Wellenleitersteges fest-  
gelegt. Der stehenbleibende stegförmige Rest der Kontakt-  
schicht wirkt wegen der Selektivität des Ätzangriffs zur zwei-  
ten Mantelschicht bei dem zweiten Ätzschrift als ideales Mas-  
kenmaterial: anschließend an die Kontaktschicht-/Mantel-  
30 schichtgrenzfläche bildet sich im Material der zweiten Man-  
telschicht ein kristallographisch vorgegebener Flankenwinkel  
aus, der auch bei überlangen Ätzzeiten unverändert bleibt. Von  
Vorteil kann sich daher der aus der zweiten Mantelschicht her-  
ausgebildete Teil des Steges bündig an den stehengebliebenen  
35 Teil der Kontaktschicht anschließen.

Gegenüber dem bisherigen Verfahren zur Herstellung einer so-  
genannten Ridge-Waveguide-Laservorrichtung mit einem Wellen-  
leitersteg auf der Basis der Materialien InGaAsP/InP besitzt  
40 die erfindungsgemäße Lösung einer auf rein nass-chemisch er-  
zeugten Dreibein-Anordnung der Laservorrichtung unter anderem  
folgende Vorteile:

- 5
- Die nach dem Stand der Technik an sich als unerwünscht bezeichnete Unterätzung bei der Fertigung des Wellenleitersteges wird erfindungsgemäße gezielt im Sinne einer einfacheren Fertigung im Wege des nass-chemischen Ätzens ausgenutzt; das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit eine
- 10 Strukturierung der technologisch besonders kritischen Strukturen allein durch nass-chemische Ätzschritte. Auf diese Weise gelingt es, in einem relativ einfach durchzuführenden Arbeitsschritt, den etwa 2 bis 3  $\mu\text{m}$  breiten und etwa 1,5 bis
- 15 2  $\mu\text{m}$  hohen Wellenleitersteg geometrisch möglichst regelmäßig zu fertigen, um auf diese Weise letztlich zu einer möglichst glatten Linearität der Laserkennlinie (abgestrahlte Leistung (in mW) - eingespeister Laserstrom (in mA)) als Kennzeichen der gewünschten optoelektronischen Eigenschaften des Lasers
- 20 zu gelangen. Sonach gelingt es, Nichtlinearitäten, sogenannte „Kinks“ (Knicke) in der Laserkennlinie, die unter anderem auch von geometrischen Unregelmäßigkeiten des Wellenleitersteges stammen können, auf technologisch saubere Weise bei der Fertigung des Lasers zu vermeiden.
- 25
- Im Gegensatz zu den bisher bekannten Herstellungsverfahren ist bei der erfindungsgemäßen Lösung eine Oxidüberformung (Passivierungsschicht) erforderlich, die in einem einzigen Arbeitsschritt ausgebildet wird.
- 30
- Mit der erfindungsgemäßen Lösung gelingt es ferner, eine technologisch saubere Überdeckung des Wellenleitersteges mit einer Metallisierungsschicht für den späteren Stromanschluss zu gewährleisten. Hierbei wird zur elektrischen Isolation
- 35 gegenüber den nicht anzuschließenden Schichten die Passivierungsschicht kantenkonform und vollflächig abgeschieden, wobei dafür Sorge getragen ist, daß für den nachfolgenden Abhebeschritt definierte Abhebekanten an den gewünschten Stellen zur Verfügung stehen, damit das zur Abhebung eingesetzte
- 40 Lösungsmittel in die übrigbleibende Photolackschicht eindringen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt nur noch einen einzigen Abhebeschritt, der zudem ohne mechani-



5 sche Unterstützung erfolgreich durchgeführt werden kann.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführung des erfindungsge-  
mäßten Verfahrens ist vorgesehen, daß zur nass-chemischen Ät-  
zung der Kontaktschicht eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-  
10 Wasser-Ätzlösung verwendet wird. In besonders vorteilhafter  
Weise liegt hierbei die in der Ätzlösung verwendete Schwefel-  
säure in nicht konzentrierter Form vor. Im Gegensatz zu den  
bisher verwendeten Ätzlösungen für diesen Einsatzbereich wird  
anstelle einer konzentrierten Schwefelsäure wie bislang eine  
15 mit Wasser verdünnte Schwefelsäure verwendet, wobei das Schwe-  
felsäure-Wasser-Verhältnis voreingestellt ist, und darüber  
hinaus eine nur geringe Konzentration des Oxidationsmittels  
Wasserstoffperoxid vorgesehen ist. Aufgrund der vorgeschlage-  
nen Zusammensetzung der Ätzlösung werden zum Einen die im Hin-  
20 blick auf die entstehende Hydratationswärme und damit zusam-  
menhängend eintretenden thermischen Zersetzungen insbesondere  
des Wasserstoffperoxidanteils einhergehenden Nachteile vermie-  
den, und zum Anderen bleiben die günstigen chemischen und phy-  
sikalischen Eigenschaften einer Ätzlösung mit hohem Schwefel-  
25 säuregehalt erhalten. Erfindungsgemäß wird die Ätzaktivität  
der Ätzlösung an arsenhaltigen Schichten durch den variablen  
Wasserstoffperoxidanteil bestimmt.

Hierdurch bedingt ergeben sich für nass-chemische Ätzlösungen  
30 im angegebenen Anwendungsbereich völlig neuartige Eigenschaf-  
ten:

- Die Maskenunterätzung kann unabhängig von Unterschieden in  
der Maskenhaftung erfolgen und ist daher auch für lokal ge-  
35 störte Oberflächen erfolgreich durchzuführen. Der Einsatz  
spezieller Prozess-Schritte oder Maskentechnologien zur Ver-  
besserung der Adhäsion des Maskenmaterials kann entfallen.
- Unter der Voraussetzung chemischer Homogenität des Schicht-  
40 materials läßt sich eine kontrollierte, lateral extrem  
gleichmäßige Ätzwirkung erzielen, die nicht einmal durch me-  
chanisch-physikalische Einflüsse wie etwa Kratzer oder der-

- 5 gleichen zu stören ist (die vertikale Gleichmäßigkeit der Ätzung ist durch die vorhandene Selektivität gegenüber chemisch heterogenen Schichtsystemen vieler III-V-Halbleiterbauelemente ohnehin gegeben).
- 10 - Eine Unterätzung als meist unvermeidbare Begleiterscheinung herkömmlicher nass-chemischer Ätzverfahren wird nach der Erfindung zu einem gezielt nutzbaren Effekt. So können beispielsweise komplizierte Verfahrenstechniken für Abhebeprozesse überflüssig gemacht werden.
- 15 - Bedingt durch die Eliminierung des Einflusses nicht oder nur äußerst schwer kontrollierbarer Parameter auf das Ausmaß der Unterätzung kann dieser im allgemeinen unerwünschte Begleiteffekt bei der nass-chemischen Ätzung gezielt genutzt werden.
- 20 - Außerdem ermöglicht die gezielt eingesetzte Unterätzung eine optimale Vereinbarkeit bei der Kombination der Prozessanforderungen hinsichtlich einer möglichst kantenüberdeckenden Passivierung in Verbindung mit einer einfach, aber zuverlässig durchzuführenden Abhebetechnik.
- 25

Die genannten vorteilhaften Merkmale der Ätzwirkung bei der Ätzung der Kontaktschicht hängen unmittelbar mit einigen der folgenden Grundeigenschaften des erfindungsgemäß bevorzugten Atzlösungssystems zusammen:

30

- Es liegt eine hohe Selektivität zwischen arsenhaltigen und nicht arsenhaltigen Schichten vor, das Ätzratenverhältnis beträgt demzufolge typischerweise mehr als etwa 500:1.
- 35 - Der geringe Wasserstoffperoxid-Volumenanteil in der Schwefelsäure-Mischung bedingt eine sehr hohe Selektivität zwischen herkömmlichen Positiv-Lacksystemen und ätzbarem Halbleitermaterial, wobei die Zersetzung der Photolacke aufgrund des Ätzangriffs so gering ist, daß sie nur bei Ätzzeiten im Bereich von Stunden überhaupt nachweisbar wird.
- 40

- 5 - Der Wirkungsmechanismus an arsenhaltigen Schichten wird über  
den Wasserstoffperoxidgehalt der Lösung eindeutig bestimmt.  
Die Reaktionsrate und damit zusammenhängende Eigenschaften  
der Ätzlösung wie beispielsweise Richtungsunabhängigkeit der  
Ätzrate (isotropes Ätzverhalten) können somit gezielt auf  
10 die vorliegende Anwendung abgestimmt werden.
- Die Ätzlösung kann wegen des verhältnismäßig hohen Schwefelsäuregehaltes als spezifische Reinigungslösung benutzt werden, in dem der Wasserstoffperoxidgehalt - abhängig vom  
15 zu ätzenden arsenhaltigen Schichtmaterial - auf sehr niedrige Werte gesenkt wird (beispielsweise Volumenkonzentrationen im 0,1%-Bereich). Die Reaktionsraten sinken dabei auf nicht mehr feststellbare Werte. Im Übrigen kann die gleiche Lösung durch eine nachträgliche Wasserstoffperoxidzugabe anschließend wieder zum Ätzen benutzt werden.
- Da der Lösungsansatz ein voreingestelltes Schwefelsäure/Wasser-Verhältnis verwendet, gibt es bei Zusatz des geringen Wasserstoffperoxidanteils keine merkliche Erwärmung.  
25 Aus der fehlenden Eigenerwärmung leiten sich unmittelbar weitere wichtige Eigenschaften der erfindungsgemäß bevorzugten Ätzlösung ab:
- Die Lösung ist sofort nach Zugabe des Wasserstoffperoxids  
30 und Durchmischung verwendbar.
- Es findet keine nachweisbare Zersetzung des durch Temperaturerhöhung besonders zersetzungsgefährdeten Wasserstoffperoxidanteils statt, da diese Substanz unter gewöhnlichen  
35 Lagerbedingungen bei Raumtemperatur stabil bleibt. Eine von selbst erzeugte störende Blasenbildung im Reaktionsmedium wird dadurch verhindert.
- Es ist durch gezielte Wasserstoffperoxid-Zugabe eine definierte Wasserstoffperoxid-Konzentrationseinstellung möglich.  
40 Eine Abhängigkeit vom Herstellungs- bzw. Mischungsverfahren (beispielsweise durch Größe des Mengenansatzes oder Küh-

5        lungenbedingungen während der Mischung der Komponenten) kann nicht bestehen. Weiterhin sind Konzentrationsfehler durch Volumenausdehnungs- und Zersetzungseffekte ausgeschlossen.

10       - Die im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugte Ätzlösung ermöglicht eine einfache Handhabbarkeit, da die Ätzlösung lediglich zweikomponentig und gefahrlos, d.h. ohne Erwärmung angesetzt werden kann.

15       - Lange Standzeiten der Lösung in der Größenordnung bis zu 48 Stunden sind durch den Einsatz stabiler bzw. stabil gehaltener Lösungskomponenten möglich. Frische Lösungsansätze oder definierte Standzeiten sind somit keine Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit des Ätzergebnisses.

20       Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen.

25       Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Es zeigen:

30       Figuren 1 bis 8 in schematischen Schnittansichten die Reihenfolge der Prozess-Schritte eines Verfahrens zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

35       Bevor die einzelnen Verfahrensschritte zur Fertigung einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung gemäß Ausführungsbeispiel anhand der Figuren 1 bis 7 näher erläutert wird, wird zunächst anhand der schematischen Darstellung nach Figur 8 die fertiggestellte Halbleiterlaservorrichtung erläutert.

40       Das Ausführungsbeispiel nach Figur 8 umfasst eine Metal-Clad-Ridge-Waveguide- (MCRW-) Laservorrichtung 1 mit einer auf einem Halbleiter-Substrat 2 aus n-dotiertem InP insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit

5 einer gleichfalls aus n-dotiertem InP bestehenden ersten Mantelschicht 3, einer auf der ersten Mantelschicht 3 abgeschiedenen aktiven Zone 4, einer auf der aktiven Zone 4 abgeschiedenen zweiten Mantelschicht 5 aus p-dotiertem InP, und einer auf der zweiten Mantelschicht 5 abgeschiedenen Kontaktschicht  
10 6 aus p-dotiertem GaInAs. Die für die Rekombination und Lichterzeugung dienende aktive Zone 4 kann entweder aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren bestehen; im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die aktive Zone 4 durch eine GaInAs-Doppel-Heterostruktur  
15 gebildet. Die aktive Zone 4 ist in an sich bekannter Weise von den ersten und zweiten Mantelschichten 3 und 5 umgeben, welche einen größeren Bandabstand als das Material der aktiven Zone besitzen, und zusammen mit einem streifenförmigen Steg 7 einen Wellenleiter bilden und die notwendige Ladungsträgereingrenzung bewirken. Der Steg 7 des Stegwellenleiters ist hierbei  
20 innerhalb eines in der zweiten Mantelschicht 5 und der Kontaktschicht 6 gefertigten Grabens 8 gebildet, wobei die Breite des Grabens 8 etwa das zwanzigfache der Breite des Steges 7 besitzt. Der Steg 7 weist beispielsweise eine Breite von etwa  
25 2 bis 3  $\mu\text{m}$  und eine Höhe von etwa 1,5 bis 3  $\mu\text{m}$  auf; die schematische Darstellung nach Figur 8 ist somit nicht streng maßstabsgetreu. Die Bezugsziffer 9 bezeichnet eine Passivierungsschicht aus vorzugsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , welche mit Ausnahme der auf der Oberseite 10 des Steges 7 sämtliche Bestandteile der Laservorrichtung 1 kantenkonform überdeckt. Darauf abgeschieden befindet sich eine Metallisierungsschicht 11 für den elektrischen Anschluss des Steges 7 an Kontaktanschlüsse und äussere Kontaktzuführungen, vermittels derer der zum Betrieb des Lasers 1 notwendige Laserstrom zugeführt wird, welche jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Figuren nicht näher dargestellt sind. Da die Kontaktschicht 6 in einem oberflächennahen Bereich, vorzugsweise durch einen Diffusionsschritt, zusätzlich dotiert ist und/oder die vorhandenen Dotieratome durch eine Temperung oder einen Laserblitz zusätzlich elektrisch aktiviert werden, ist der Kontaktwiderstand Halbleiter-Metall  
40 verringert.

5 Nachfolgend werden anhand der Figuren 1 bis 7 in dieser Reihenfolge die aufeinanderfolgenden Prozess-Schritte zur Fertigung der erfindungsgemäßen Laservorrichtung näher erläutert, wobei in diesen Figuren aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit das Halbleiter-Substrat 2 und die erste Mantelschicht  
10 3 nicht mehr dargestellt sind.

Auf die anhand Figur 8 näher erläuterte Grundstruktur mit den Schichten 3 bis 6 wird zunächst ganzflächig eine Hilfsmaskenschicht 12 aus InP vorzugsweise epitaktisch abgeschieden, was  
15 zweckmäßigerweise in einem Arbeitsgang während des Epitaxiewachstums der gesamten Grundstruktur erfolgt. Die Schicht 12 besteht aus gegenüber der Kontaktschicht 6 selektiv ätzbarem Material und besitzt eine Stärke von etwa 0,2 µm. Die Hilfsmaskenschicht 12 begünstigt bzw. vereinfacht die nachfolgende  
20 Fertigung des Steges 7 im Sinne einer Verringerung der Anzahl von Prozess-Schritten, und unterstützt im Übrigen die Definition einer sauberen Abhebekante beim abschließenden Abhebeschritt, kann jedoch auch weggelassen werden, ohne vom erfindungsgemäßen Prinzip abzuweichen. Auf die ganzflächig abgeschiedene Hilfsmaskenschicht 12 wird Photolackmaterial aufgetragen, auf herkömmliche Weise photolithographisch belichtet und zur Ausbildung einer Grabenmaske 13 strukturiert, die für  
25 die folgenden Ätzschritte den Oberflächenbereich definiert, in welchem der in der umgebenden Grundstruktur versenkte  
30 Stegwellenleiter entstehen soll. In einer nachfolgenden nasschemischen Ätzung wird zunächst die Hilfsmaskenschicht 12 an den von der Grabenmaske 13 nicht abgedeckten Stellen entfernt. Die Strukturierung der Hilfsmaske 12 ist in Figur 1 schematisch dargestellt.

35

Dann wird an der Kontaktschicht mindestens im Bereich des später strukturierten Steges eines Zn-Kontaktdiffusion mittels Aufschleudern einer Zn-haltigen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Aufschlammung und anschließendem Diffusionstempern (z.B. 10 Sekunden bei 650°C)  
40 vorgenommen. Zur besseren elektrischen Aktivierung des Dotierstoffes kann noch ein zusätzlicher Tempersschritt, beispielsweise für 10 Minuten bei 400°C in H<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>-, Ar-Gas oder einer

- 5 Mischung hiervon angefügt werden. Die Aktivierung der Kontaktschicht kann auch in Form eines kurzen ( $< 100$  ns) UV-Strahlungspulses einer Laserquelle (entweder zusätzlich oder ersatzweise zu den obigen Aktivierungsschritten) erfolgen. An-
- 10 stelle des zusätzlichen Einbringens von Dotieratomen in die Kontaktschicht kann auch versucht werden, bereits während der Epitaxie für eine genügend hohe Dotierstoffkonzentration zu sorgen und diese dann später, wie oben beschrieben, zu aktivieren.
- 15 Daran anschließend kann gemäß Figur 2 unter Verwendung der Grabenmaske 12, 13 die Kontaktschicht 6 zur Dickenkorrektur nass-chemisch wenigstens angeätzt werden, wobei dieser Ätzschritt im Prinzip auch weggelassen werden kann.
- 20 Nachfolgend wird die bei den weiteren Schritten nicht mehr benötigte Fotolackmaske 13 entfernt, wobei die strukturierte Schicht 12 im Folgenden die Funktion der Grabenmaske übernimmt.
- 25 Daran anschließend wird mittels herkömmlicher Phototechnik innerhalb des Grabenbereichs 14, vorzugsweise mittig eine streifenförmige Stegmaske 15 aus Photolack ausgebildet, welche die Lage des zu ätzenden Wellenleitersteges definiert (Figur 3).
- 30 Im nachfolgenden Prozess-Schritt wird gemäß Figur 4 unter Verwendung der Stegmaske 15 und der Hilfsmaskenschicht 12 als Abdeckmasken die Kontaktschicht 6 selektiv durch einen nass-chemischen Prozess mit exakt definierter Stegmaskenunterätzung dahingehend geätzt, daß das Ausmaß der Unterätzung an den mit
- 35 der Bezugsziffer 16 bezeichneten Stellen weder von der Haftung der Photolackmaske 15 noch von lokalen Störungen der Kontaktschicht 6, noch von mikroskopischen Ungleichmäßigkeiten der Photolackflanken 17 beeinflußt wird. Dieser Ätzprozess definiert die oberen seitlichen Abmessungen sowie die Homogenität
- 40 der Breite des entstehenden Steges und bewirkt in Folge der Maskierungswirkung der Hilfsmaskenschicht 12 im Außenbereich

- 5 des Grabens eine Einbettung des Steges durch das unveränderte Epitaxie-Schichtensystem angrenzend an die in der ersten Phototechnik definierten Grabenabschnitte seitlich des Steges.
- 10 Zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktschicht 6 wird vorzugsweise eine Schwefelsäure Wasserstoffperoxid-Wasser-Ätzlösung verwendet, wobei die Ätzung selektiv gegenüber dem Material der zweiten Mantelschicht 5 erfolgt, d.h. der Ätzvorgang kommt in vertikaler Richtung an der zu ätzenden Schicht 6 unmittel-
- 15 bar folgenden Grenzfläche der zweiten Mantelschicht 5 aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösung zum Stehen (Ätzstopwirkung der zweiten Mantelschicht 5 gegenüber der gewählten Ätzlösung). Gleichzeitig besteht ausreichende chemische Selektivität der gewählten Ätzlösung gegenüber der Gra-
- 20 benmaske 12, so daß das Material der Hilfsmaskenschicht 12 bei der Ätzung der Kontaktschicht 6 innerhalb der Nachweisgrenze nicht angegriffen wird. Vorteilhafterweise sind die Seitenwände der streifenförmigen Photolack-Stegmaske 15, und im Übrigen auch die Seitenwände der Grabenmaske 12 parallel zu den kri-
- 25 stallographischen Richtungen  $[011]$  oder  $[0\bar{1}1]$  orientiert. Mit diesem Ätzschritt gelingt eine gleichmäßig laterale Unterätzung der Photolack-Stegmaske 15, wobei die Flankenwinkel der geätzten Kontaktschicht 6 an den mit der Bezugsziffer 15 ange-
- 30 deuteten Stellen eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt werden. Der Grad der Unterätzung der Kontaktschicht 6 an den Stellen 16 bestimmt gleichzeitig in eindeutiger Weise die Breite des nachfolgend vervollständigten Wellen-
- 35 leitersteges 7. Die erfindungsgemäße von Vorteil ausgenutzte Unterätzung der Kontaktschicht 6 kann dabei so gewählt werden, daß es beim nachfolgenden Abscheiden der Passivierungsschicht 9 nicht zu einer unerwünschten Verkleinerung der ohmschen Kontaktfläche auf der Oberseite 10 des Steges kommt. Im Zuge der mehr oder weniger ausgeprägten Flankenbildung an den Stellen
- 40 16 wird effektiv die Grenzfläche zwischen der später aufgetragenen Metallisierung 11 und der Kontaktschicht 6 an der Oberseite 10 vergrößert, so daß der Kontaktwiderstand letzt-



5 lich sogar geringer eingestellt werden kann.

Daran anschließend erfolgt gemäß Figur 5 eine selektive nass-chemische Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 zur Ausformung des Stegwellenleiters mit in weiten Grenzen veränderbarer  
10 Flankenform. Hierbei wird die reproduzierbar erzielbare Stegform außer durch die festgelegte Kristallrichtung und die vorgehende Kontaktschichtätzung insbesondere durch die Ätzlösung, die Ätzzeit und die Ätztemperatur, im Hinblick auf die Tiefe des Steges unter Umständen auch durch den konkreten Aufbau der  
15 Epitaxie-Schichtenfolge bestimmt. Aufgrund einer geeignet aufeinander abgestimmten Ätzlösung und Materialzusammensetzung wird bei diesem Prozess-Schritt gleichzeitig die restliche Hilfsmaskenschicht 12 im Außenbereich des Grabens entfernt. Wegen der chemischen Selektivität dieses Ätzprozesses über-  
20 nimmt nach vollständiger Auflösung der Hilfsmaskenschicht 12 die noch verbleibende Kontaktschicht 6 die weitere Maskierungsfunktion. Zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 wird in bevorzugter Weise eine Phosphor-Salzsäure-Lösung verwendet, wobei aufgrund der chemischen Selektivität  
25 das Material der Kontaktschicht 6 und die unterhalb der zweiten Mantelschicht 5 angeordnete Schicht 4 von dieser Ätzlösung nicht angegriffen wird. Die Schicht 4 dient somit bei diesem Ätzschritt wiederum als Ätzstop. Bei der nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 findet keine Überätzung ge-  
30 genüber der als Maske wirkenden Kontaktschicht 6 statt, so daß die im vorhergehenden Ätzschritt eingestellte Unterätzung der Kontaktschicht 6 an den Stellen 16 eindeutig die Stegbreite des Wellenleitersteges 7 bestimmt.

35 Daran anschließend wird gemäß Figur 6 eine Passivierungsschicht aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ganzflächig und kantenkonform auf die sich ergebende Gesamtstruktur vermittelt einem ionenstrahlgestützten Sputter-Prozess aufgebracht, wobei an den mit der Bezugsziffer 16 bezeichneten Stellen technologisch sauber definier-  
40 et Lücken in der Passivierungsschicht 9 verbleiben, durch die im nachfolgenden Abhebeschritt das im Abhebeprozess zum Einsatz gelangende Lösungsmittel ohne Weiteres eindringen kann.

5

Figur 7 zeigt den entsprechenden Zustand nach dem Abheben des auf der Photolackoberfläche gesputterten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Materials durch Auflösen des Photolacks der Stegmaske 15 in einem geeigneten Lösungsmittel unter Ausnutzung der gezielten Unterätzung des Photolacks während der vorhergehenden Kontaktschichtätzung.

10

In einem abschließenden Metallisierungsschritt wird gemäß Figur 8 eine Metallisierungsschicht 11 für den elektrischen Anschluss des Steges 7 aufgebracht.

## 5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, mit den Schritten:

10

- Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4) bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5) und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktschicht (6);

20

- ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske (12, 13) zur Festlegung eines Grabenbereiches (14), der eine vielfache Breite eines nachfolgend innerhalb des Grabenbereiches (14) aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktschicht (6) zu erzeugenden Steges (7) besitzt;

25

- Einbringen zusätzlicher Dotieratome in die Kontaktschicht (6) und/oder Aktivieren der zusätzlich eingebrachten oder der bereits vorhandenen Dotieratome;

30

- Ausbilden einer im Wesentlichen streifenförmigen Stegmaske (15) innerhalb des Grabenbereichs (14);

35

- selektives Ätzen der Kontaktschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) unter Verwendung der Grabenmaske und der Stegmaske (15) als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwellenleiters bei gleichzeitiger Ausbildung eines Grabens (8) innerhalb des Grabenbereiches (14);

40

- im Wesentlichen kantenkonformes Abscheiden einer Passivierungsschicht (9) aus elektrisch isolierendem Material;

- 5 - Abheben des auf der Stegmaske (15) abgeschiedenen Materials der Passivierungsschicht (9) durch Entfernen des unterliegenden Maskenmaterials der Stegmaske (15); und
- 10 - Abscheiden einer Metallisierungsschicht (11) für den elektrischen Anschluss des Steges (7).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlichen Dotieratome durch Eindiffundieren oder Implantieren in die Kontaktschicht (6) eingebracht werden.

15

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotieratome Zn-Atome sind und daß das Eindiffundieren durch Aufschleudern einer Zn-haltigen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Aufschlämmung und anschließendes Tempern, beispielsweise für 10 Sekunden bei

20  $650^\circ\text{C}$ , durchgeführt wird.

20

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein zusätzliches Tempern in  $\text{H}_2$ -,  $\text{N}_2$ -, Ar-Gas oder einer Mischung hiervon, beispielsweise für 10 Minuten bei  $400^\circ\text{C}$ , angefügt

25 wird.

25

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Aktivieren der zusätzlich eingebrachten oder bereits vorhandenen Dotieratome mindestens teilweise durch einen UV-

30 Strahlungspuls einer Laserquelle erfolgt.

30

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzen der Kontaktschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwellenleiters nass-chemisch erfolgt.

35

35

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzen der Kontaktschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) in zwei voneinander getrennten Ätzschritten mit unterschiedlichen Ätzlösungen durchgeführt wird, wobei die Ätzung der jeweiligen Schicht selektiv gegenüber dem jeweils unterliegenden Material durchgeführt wird.

40

40

- 5
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß beim nass-chemischen Ätzen der Kontaktschicht (6) das von der Stegmaske (15) abgedeckte Material unterätzt wird.
- 10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktschicht (6) eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-Wasser-Ätzlösung verwendet wird.
- 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht (5) eine Phosphorsäure-Salzsäure-Ätzlösung verwendet wird.
- 20
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ätzung der zweiten Mantelschicht (5) keine Unterätzung gegenüber der als Ätzmaske wirkenden, strukturierten Kontaktschicht (6) erfolgt.
- 25
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche nass-chemische Ätzvorgänge in vertikaler Richtung an der der zu ätzenden Schicht unmittelbar folgenden Grenzschrift aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösungen zu stehen kommen.
- 30
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Flankenwinkel der Kontaktschicht (6) eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt werden.
- 35
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Stegmaske (15) in einem selbstjustierenden Prozess die Stegposition innerhalb des Grabens festgelegt wird, bezüglich der Breite des Steges aber lediglich der maximale Wert vorbestimmt wird.
- 40
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch ge-

- 5 kennzeichnet, daß die Grabenmaske eine aus Halbleitermaterial bestehende Schicht aufweist und die Stegmaske (15) eine Photolackmaske darstellt.
- 10 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Orientierung der Stegmaske (15) und/oder Grabenmaske parallel zu den kristallographischen Richtungen [0111 oder roh] ausgerichtet wird.
- 15 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierungsschicht (9)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufweist und mittels einem ionenstrahlgestützten Sputterprozess-Schritt (16) ganzflächig abgeschieden wird.
- 20 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Grundstruktur für die Ausbildung der Grabenmaske ganzflächig eine Hilfsmaskenschicht (12) abgeschieden wird, die zur Festlegung des Grabenbereiches (14) selektiv geätzt wird.
- 25 19. Halbleiterlaservorrichtung mit einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4) bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer
- 30 Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5), und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktschicht (6), wobei die zweite Mantelschicht (5) und die Kontaktschicht (6) über dem laseraktiven Bereich zu einem
- 35 im Wesentlichen streifenförmigen Steg (7) eines Stegwellenleiters gebildet sind,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
- daß in einen oberflächennahen Bereich der Kontaktschicht (6) Dotieratome eingebracht sind;
- 40 - daß der Steg (7) des Stegwellenleiters innerhalb eines in der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktschicht (6) gefertigten Grabens (8) gebildet ist, wobei die Breite des Gra-

5   bens (8) ein Vielfaches der Breite des Steges (7) besitzt.

20. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotieratome durch Eindiffundieren eingebracht sind.

10

21. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotieratome Zn-Atome sind und daß das Eindiffundieren durch Aufschleudern einer Zn-haltigen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Aufschlammung und anschließendem Diffusionstempern, beispielsweise für 5 Sekunden bei  $560^\circ\text{C}$ , durchgeführt worden ist.

22. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die außerhalb des Grabenbereiches (14) liegenden Bestandteile der Kontaktschicht (6), die  
20   Seitenwände und Böden des Grabens (8), sowie die Seitenwände des aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktschicht (6) gebildeten Steges (7) im Wesentlichen kantenkonform durch eine Passivierungsschicht (9) aus elektrisch isolierendem Material überdeckt sind, und eine auf der Passivierungsschicht  
25   (9) und der von der Passivierungsschicht (9) nicht abgedeckten Oberseite (10) des Steges (7) abgeschiedene Metallisierungsschicht (11) für den elektrischen Anschluss des Steges (7) vorgesehen ist.

30   23. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierungsschicht (9)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufweist.

35   24. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Mantelschicht (5) InP aufweist, und die Kontaktschicht (6) InGaAs aufweist.

1/3

Fig1

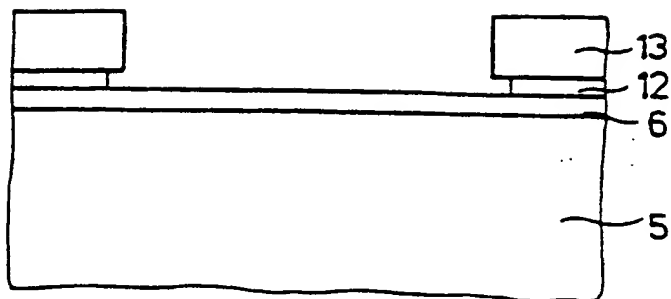


Fig2

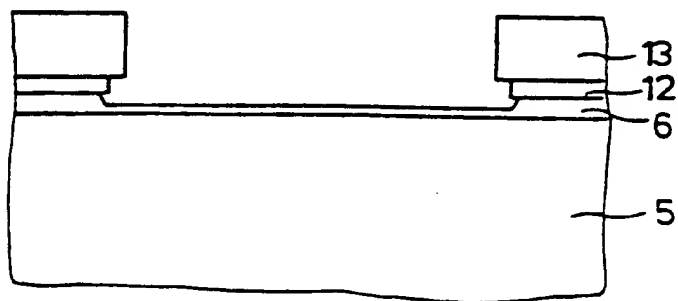
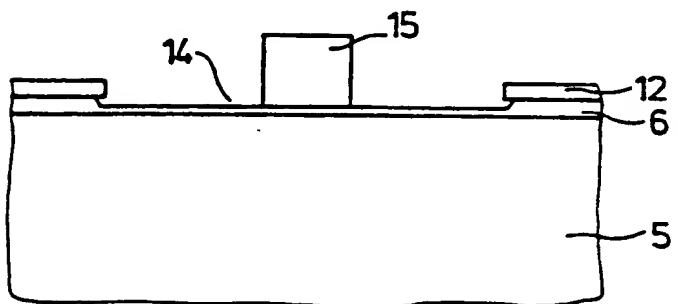


Fig3





2/3

Fig4

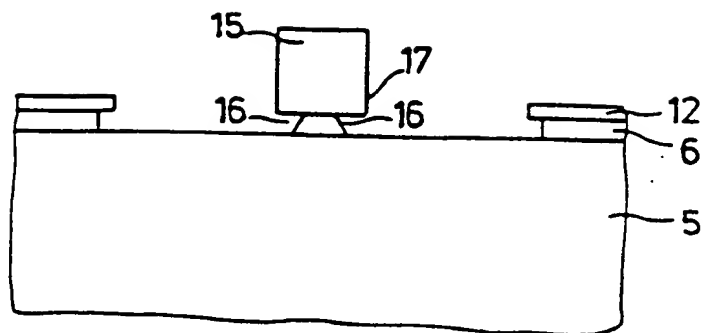


Fig5

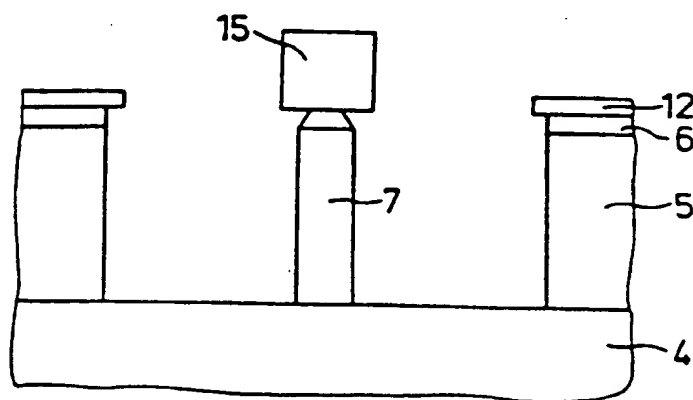
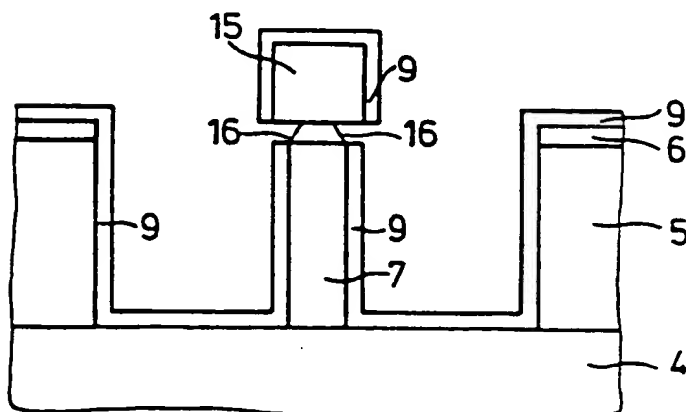


Fig6



3/3

Fig7

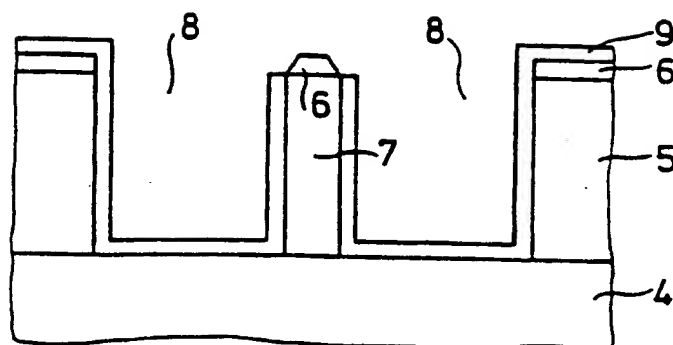
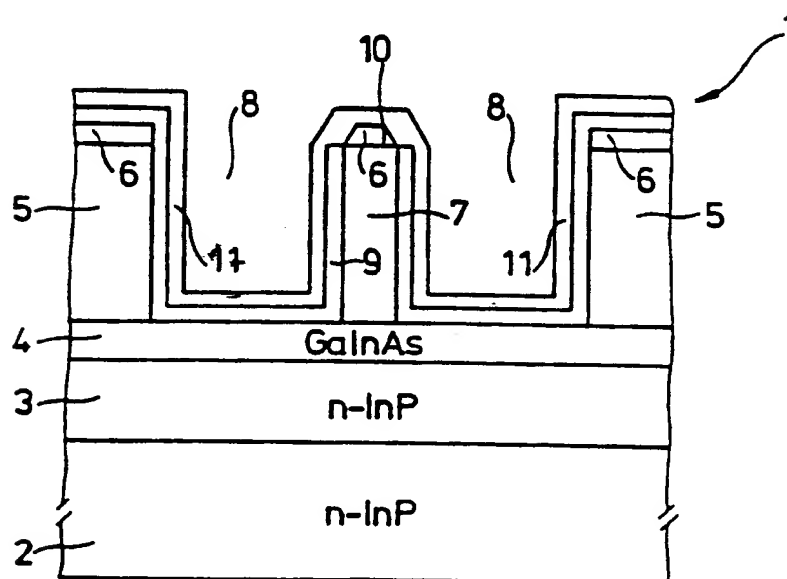


Fig8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter national Application No

PCT/DE 99/00892

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01S3/19

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	STEGMULLER B ET AL: "HIGH-TEMPERATURE AND HIGH-POWER PERFORMANCE OF INGAASP/INP RIDGE -WAVEGUIDE LASER DIODES" ARCHIV FUR ELEKTRONIK UND UBERTRAGUNGSTECHNIK, vol. 46, no. 2, 1 March 1992 (1992-03-01), pages 73-79, XP000291306 ISSN: 0001-1096	1,2, 15-17, 19-21
Y	page 74, right-hand column, paragraph 2	3,4,21 6-8, 11-14, 22-24
A	---	-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 August 1999

Date of mailing of the international search report

17/08/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Claessen, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No

PCT/DE 99/00892

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	M-C AMANN ET AL: "Improved shallow p+ diffusion into InGaAsP by new spin-on diffusion source" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS., vol. 62, no. 4, 15 August 1987 (1987-08-15), pages 1541-1543, XP002111195 AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK., US ISSN: 0021-8979 page 1542; figure 1 ----	3,4,21
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 507 (E-0998), 6 November 1990 (1990-11-06) & JP 02 209782 A (HIKARI KEISOKU GIJUTSU KAIHATSU KK), 21 August 1990 (1990-08-21) abstract ----	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 128 (E-1333), 18 March 1993 (1993-03-18) & JP 04 303983 A (NEC CORP), 27 October 1992 (1992-10-27) abstract ----	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 434 (E-1129), 6 November 1991 (1991-11-06) & JP 03 181133 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 7 August 1991 (1991-08-07) abstract ----	1,6-10, 14-16
A	EP 0 450 255 A (IBM) 9 October 1991 (1991-10-09) cited in the application ----	1,6-19, 22-24
A	EP 0 723 303 A (HEWLETT PACKARD CO) 24 July 1996 (1996-07-24) abstract ----	1,5
P,A	DE 196 40 420 A (SIEMENS AG) 2 April 1998 (1998-04-02) the whole document -----	1-24

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/00892

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 02209782 A	21-08-1990	NONE	
JP 04303983 A	27-10-1992	NONE	
JP 03181133 A	07-08-1991	NONE	
EP 0450255 A	09-10-1991	CA 2039875 A	07-10-1991
		CA 2039875 C	03-05-1994
		DE 69010485 D	11-08-1994
		DE 69010485 T	26-01-1995
		JP 1967777 C	18-09-1995
		JP 5190968 A	30-07-1993
		JP 6101612 B	12-12-1994
		US 5059552 A	22-10-1991
EP 0723303 A	24-07-1996	JP 8222797 A	30-08-1996
DE 19640420 A	02-04-1998	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00892

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H01S3/19

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	STEGMULLER B ET AL: "HIGH-TEMPERATURE AND HIGH-POWER PERFORMANCE OF INGAASP/INP RIDGE -WAVEGUIDE LASER DIODES" ARCHIV FÜR ELEKTRONIK UND ÜBERTRAGUNGSTECHNIK, Bd. 46, Nr. 2, 1. März 1992 (1992-03-01), Seiten 73-79, XP000291306 ISSN: 0001-1096	1,2, 15-17, 19-21
Y	Seite 74, rechte Spalte, Absatz 2	3,4,21
A	---	6-8, 11-14, 22-24
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. August 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/08/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Claessen, L

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	M-C AMANN ET AL: "Improved shallow p+ diffusion into InGaAsP by new spin-on diffusion source" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS., Bd. 62, Nr. 4, 15. August 1987 (1987-08-15), Seiten 1541-1543, XP002111195 AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK., US ISSN: 0021-8979 Seite 1542; Abbildung 1 ---	3,4,21
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 507 (E-0998), 6. November 1990 (1990-11-06) & JP 02 209782 A (HIKARI KEISOKU GIJUTSU KAIHATSU KK), 21. August 1990 (1990-08-21) Zusammenfassung ---	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 128 (E-1333), 18. März 1993 (1993-03-18) & JP 04 303983 A (NEC CORP), 27. Oktober 1992 (1992-10-27) Zusammenfassung ---	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 434 (E-1129), 6. November 1991 (1991-11-06) & JP 03 181133 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 7. August 1991 (1991-08-07) Zusammenfassung ---	1,6-10, 14-16
A	EP 0 450 255 A (IBM) 9. Oktober 1991 (1991-10-09) in der Anmeldung erwähnt ---	1,6-19, 22-24
A	EP 0 723 303 A (HEWLETT PACKARD CO) 24. Juli 1996 (1996-07-24) Zusammenfassung ---	1,5
P,A	DE 196 40 420 A (SIEMENS AG) 2. April 1998 (1998-04-02) das ganze Dokument -----	1-24

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00892

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 02209782 A	21-08-1990	KEINE	
JP 04303983 A	27-10-1992	KEINE	
JP 03181133 A	07-08-1991	KEINE	
EP 0450255 A	09-10-1991	CA 2039875 A	07-10-1991
		CA 2039875 C	03-05-1994
		DE 69010485 D	11-08-1994
		DE 69010485 T	26-01-1995
		JP 1967777 C	18-09-1995
		JP 5190968 A	30-07-1993
		JP 6101612 B	12-12-1994
		US 5059552 A	22-10-1991
EP 0723303 A	24-07-1996	JP 8222797 A	30-08-1996
DE 19640420 A	02-04-1998	KEINE	

DOCKET NO: GR 00P 1583

SERIAL NO: 09/817,963

APPLICANT: Loock, et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100